

Фолунін С.О., заст. нач. відділу, Мормило Я.М., директор, Зарянов В.А., нач. відділу,
Золотуха В.М., нач. сектору, Бондарь О.І., нач. відділу

ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ДОПОМІЖНОЇ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ В СКЛАДІ БРОНЕТРАНСПОРТЕРА БТР-4Е

*Державне підприємство «Харківське конструкторське бюро з машинобудування
ім. О.О. Морозова», Харків*

Ключові слова: бронетранспортер, двигун, електричний струм, допоміжна силова установка, енергоагрегат, генератор, випробування.

На всьому протязі «життя» легко броньованої техніки (бронетранспортерів) в мирний час, в умовах локальних конфліктів або глобальних військових дій, достатньо тривалий період її експлуатації проходить в режимі роботи основного двигуна на холостому ході при низькій частоті обертання колінчастого валу – несення чергувань (наприклад, на блок-постах), навчання екіпажів роботі з засобами зв'язку і озброєння та інші роботи. При цьому для всіх цих робіт потребує велика кількість електроенергії, джерелом якої є генератор основного двигуна або акумуляторні батареї (АКБ).

В зв'язку з цим, з метою безмовного забезпечення рухомості військової техніки, досить актуальними стають задачі збереження ємності АКБ, для забезпечення пуску двигуна, а також ресурсу основного двигуна, тому що зношення деталей кривошипно-шатунного механізму, циліндропоршневої групи та інш. має досить великі значення при роботі саме на режимі холостого ходу, особливо при низьких температурах навколишнього середовища [1, 2].

Одним з шляхів рішення цих задач є встановлення на бронетранспортер допоміжної силової установки, яка дозволить забезпечити функціонування електрообладнання машини, за рахунок живлення електричним струмом при непрацюючому основному двигуні, при здійсненні вправ по стрільбі з місця, роботі обладнання в черговому режимі на стоянках, в засадах та тому подібне [3, 4].

Метою даної статті є відображення теоретичних і експериментальних досліджень по оснащенню бронетранспортера БТР-4Е допоміжної силовою установкою (енергоагрегатом) на базі дизельного двигуна.

Енергоагрегат складається з двигуна і генератора з пасовою передачею та механізмом натягування. Всі комплектуючі розташовані на єдиній рамі, котра дозволяє встановити енергоагрегат в спеціальний відсік, в котрому також встановлюється акумуляторна батарея, яка забезпечує електричний пуск двигуна.

Двигун енергоагрегату – це одноциліндровий, чотирьохтактний дизель повітряного охолодження з безпосереднім сумішоутворенням і камерою згоряння в циліндрі. На двигуні встановлено повітряний фільтр, паливний бак (ємністю 5,5 л), глушник системи випуску відпрацьованих газів, стартер, пульт електричного пуску. Крім пуску двигуна електростартером є можливість ручного пуску.

В складі енергоагрегату можуть використовуватися двигуни SADKO DE-420E, SADKO DE-440E, S186FA(E) потужністю від 6,6 до 8,8 кВт.

Виходячи з того, що основною задачею енергоагрегату є забезпечення живлення електричним струмом при непрацюючому основному двигуні бронетранспортера, був визначений склад його основних електричних споживачів, які будуть задіяні при несенні чергувань, навчання екіпажа роботі з засобами зв'язку і озброєння та інше. При цьому основними працюючими споживачами електроенергії є: комплекс керування вогнем, засоби зв'язку, освітлення та інше, крім цього, при будь-яких умовах експлуатації, повинно забезпечуватися заряджання АКБ машини.

З урахуванням енергоспоживання основних споживачів бронетранспортера при працюючому енергоагрегаті, був проведений розрахунок енергобалансу для визначення потужності його генератора. Номінальні споживчі потужності, а також коефіцієнти часу роботи основних споживачів електроенергії бронетранспортера наведені в таблиці 1 [5, 6].

Таблиця 1

Найменування споживача	Номінальна споживча потужність ($P_{\text{спож}}$), Вт	Коефіцієнт часу роботи (k_{ti})
Комплекс керування вогнем	2500	0,5
Фільтровентиляційна установка	1000	0,3
Засоби зв'язку	150	1,0
Вентилятори системи життєзабезпечення	40	1,0
Щит водія	65	1,0
Система протипожежного обладнання в черговому режимі	10	1,0
Внутрішнє освітлення	50	1,0

Розрахунок необхідної мінімальної потужності генератора енергоагрегату провадився по формулі (1)

$$P_{\text{ген.мін}} = P_{\text{розра}} \cdot K_{\text{рез}} \cdot K, \quad (1)$$

де $P_{\text{ген.мін}}$ – мінімальна необхідна потужність генератора, Вт; $P_{\text{розра}}$ – розрахункова потужність основних споживачів бронетранспортеру, Вт; $K_{\text{рез}}$ – коефіцієнт резерву потужності ($K_{\text{рез}} = 1,2$); K – коефіцієнт, що враховує струм заряду акумуляторних батарей ($K=1,25$) [7].

Розрахункова потужність основних споживачів в свою чергу визначається по формулі (2)

$$P_{\text{розра}} = \sum P_{\text{спож}} \cdot k_{ti}, \quad (2)$$

де $P_{\text{спож}}$ – потужності в номінальному режимі, що споживають основні споживачі електроенергії, Вт; k_{ti} – коефіцієнт часу роботи споживачів відносно часу роботи енергоагрегату [7].

Виходячи з формул (1) і (2) розрахункова потужність основних споживачів бронетранспортера при непрацюючому енергоагрегаті складає: $P_{розр} = 2500 \times 0,5 + 1000 \times 0,3 + 150 \times 1 + 40 \times 1 + 65 \times 1 + 10 \times 1 + 50 \times 1 = 1865$ Вт.

Мінімальна необхідна потужність генератора енергоагрегату: $P_{ген.мін} = 1865 \times 1,25 \times 1,2 = 2797,5$ Вт.

Таким чином, для забезпечення основних споживачів електроенергією при працюючому енергоагрегаті необхідний генератор, потужністю $P_{ген.мін} \approx 2,798$ кВт.

В складі розробленого спеціалістами ДП «ХКБМ» енергоагрегату було використано генератор номінальною потужністю 2,8 кВт.

З метою підтвердження ефективності роботи енергоагрегату було проведено його випробування в складі бронетранспортера БТР-4Е в літній (температура навколишнього середовища 18°C , відносна вологість повітря 45 %, атмосферний тиск 754 мм.рт.ст.) та зимовий (температура навколишнього середовища 1°C , відносна вологість повітря 92 %, атмосферний тиск 746 мм.рт.ст.) періоди. Кожен випробування проводилися в два етапи [8–10].

На першому етапі підтверджувалась можливість отримання максимальної потужності генератора енергоагрегату при його роботі за допомогою вимірювального шунта ША-300 (300А, 75mV-0,5), до якого був підключений вольтамперметр М2017 з діапазоном вимірювання від 0 до 75mV. В той же час, для вимірювання напруги в бортовій мережі бронетранспортера був встановлено другий вольтамперметр М2017. Перевірка підтримування величини напруги, що виробляється генератором енергоагрегату в межах (26,5...28,5) В, при зміні навантаження від 5А до (90±5)А, виконувалась за допомогою зовнішнього навантажувального пристрою – реостата баластного РБ302У наступним чином:

– після пуску двигуна енергоагрегата згідно з інструкцією і встановлення робочої частоти обертання вала відбору потужності визначались величини напруги $U_{бм}$ і сили струму генератора $I_{н}$ [11];

– за допомогою реостата РБ302У поступово, з інтервалом (5...10)А, збільшувалась величина сили струму $I_{н}$, при цьому контролювалась величина напруги $U_{бм}$;

– після досягнення максимального значення сили струму (90±5)А енергоагрегат працював на протязі 5 хвилин, з метою перевірки можливості підтримування цієї величини для забезпечення роботи електрообладнання бронетранспортеру.

На другому етапі випробувань підтверджувалась можливість забезпечення живлення током електрообладнання бронетранспортеру на протязі шести часового режиму роботи енергоагрегату. При цьому були включені наступні споживачі електроенергії:

- оптико-електронний модуль;
- прибор наведення ракети;
- панорамний телевізійний комплекс;
- монітори командира і оператора;
- стабілізатор в режимі «пошук цілі» і періодично в режимі «перекидання»;
- радіостанція в режимі «прийом»;
- вентилятори системи життєзабезпечення у відділенні керування і десанту;
- фільтровентиляційна установка в режимі «вентиляція»;
- плафони внутрішнього освітлення;
- габаритні вогні, фари дальнього світу, фара-шукач;
- щит водія;

- система ППО в черговому режимі;
- АКБ в режимі заряджання.

Значення величин напруги $U_{бм}$ і сили струму I_n контролювались кожні 15...20 хвилин на сталому режимі при роботі стабілізатора в режимі «пошук цілі» і в режимі «перекидання». Через 3 години роботи і по закінченню випробувань (через 6 годин) була перевірена ступінь заряджання двох акумуляторних батарей 6СТ-200 бронетранспортера БТР-4Е методом вимірювання щільності і температури електроліту.

На першому етапі випробувань були отримані наступні величини напруги бортової мережі і сили струму генератора енергоагрегату, наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Період вимірювання	Ін, А	U _{бм} , В	Ін, А	U _{бм} , В
	літний період		зимовий період	
Одразу після пуску двигуна при вимкнених споживачах, окрім АКБ в режимі заряджання	30	28	30	28
Включений реостат РБ302У	60	28	60	27,7
Включений реостат РБ302У	74	27,8	-	-
Включений реостат РБ302У	88	27,7	-	-
Включений реостат РБ302У, максимальна величина сили струму	96	27,5	100	27,2

На другому етапі випробувань після відключення реостата РБ302У і роботи енергоагрегату на протязі 6 годин були отримані значення напруги бортової мережі і сили струму генератора енергоагрегату, наведені в таблиці 3. Для забезпечення безперервної роботи енергоагрегату, без його зупинки, була проведена одна заправка паливного баку двигуна дизельним паливом. Витрата палива склала 1,35...1,37 л/год.

Таблиця 3

Період вимірювання	Ін, А	U _{бм} , В	Ін, А	U _{бм} , В
	літний період		зимовий період	
Через 1 годину роботи, стабілізатор в режимі «пошук цілей»	68...70	27,8	70	27,6
Через 1 годину роботи, стабілізатор в режимі «перекидання»	88	27,7	88...90	27,5
Через 6 годин роботи, стабілізатор в режимі «пошук цілей»	60...62	27,8	60	27,7
Через 6 годин роботи, стабілізатор в режимі «перекидання»	80	27,8	78...80	27,6

Результати вимірювання щільності і температури електроліту двох акумуляторних батарей 6СТ-200 бронетранспортера БТР-4Е наведені в таблиці 4. Перед початком випробувань щільність електроліту АКБ склала 1,19 г/см³, що відповідає ступеню заря-

дження 52...60 % – в літній період і 1,22 г/см³, що відповідає ступеню зарядження 75% – в зимовий період.

Наведені в таблицях 2, 3 і 4 результати випробувань свідчать про ефективності використання енергоагрегату в складі бронетранспортера БТР-4Е, при цьому забезпечується як зарядження АКБ (ступінь зарядження збільшилась на 25%), так і робота електрообладнання бронетранспортеру, а саме комплексу керування вогнем, засобів зв'язку, внутрішнього і зовнішнього освітлення та інш.

Наступним етапом в створенні енергоагрегатів для легко броньованої техніки є збільшення їх ефективної потужності і зниження масо габаритних показників. Це може бути досягнуто за рахунок використання більш потужних двигунів, що мають компакту конструкцію, наприклад горизонтальне розташування поршнів, а також установку генератора на однієї вісі з колінчастим валом двигуна [12]. Однак, в цьому випадку виникає ряд проблем, пов'язаних з необхідністю збільшення частоти обертання колінчастого валу двигуна до рівня, необхідного для ефективної роботи генератора, а також вирішення задач по відводу підвищеної кількості тепла, що виділяється більш потужним генератором і двигуном енергоагрегату.

Таблиця 4

Час роботи, годин	№ АКБ	Температура електроліту, °С	№ банки						Ступінь зарядження, %
			1	2	3	4	5	6	
			Щільність електроліту, г/см ³						
літній період									
3 / 6	1	25,5	1,20/ 1,21	1,22/ 1,23	1,24/ 1,25	1,20/ 1,22	1,21/ 1,23	1,20/ 1,21	64...70 / 76...80
	2	26	1,21/ 1,22	1,22/ 1,23	1,22/ 1,23	1,21/ 1,22	1,21/ 1,23	1,20/ 1,22	
зимовий період									
6	1	11	1,27	1,26	1,27	1,27	1,27	1,26	95...100
	2	11	1,27	1,27	1,27	1,27	1,26	1,27	

Висновки. Енергоагрегат, створений спеціалістами ДП «ХКБМ» для використання в складі бронетранспортерів БТР-4Е на підставі теоретичних розрахунків, конструкторських розробок і експериментальних досліджень, успішно виконує свої функції по забезпеченню споживачів бронетранспортеру електричним струмом при непрацюючому основному двигуні, а також для зарядження АКБ.

Література

1. Антонов А.С., Голяк В.К., Запрягаев М.М., Крылов Л.К., Магидович Е.И., Новохатько И.С. Армейские автомобили. Конструкция и расчет. Часть первая. М.: Воениздат, 1970. 540 с.
2. Бочаров Н.Ф., Цитович И.С., Полунгян А.А. и др. Конструирование и расчет колесных машин высокой проходимости. М.: Машиностроение, 1983. 299 с.

3. ГОСТ 23162-78. Электроагрегаты и передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания. М.; 1978.
4. Алехин С.А., Краюшкин И.А., Попов Г.К., Фальков В.И. Вспомогательная силовая установка наземного транспортного средства//Авиационно-космическая техника и технология, №7, 2006, С. 102–104.
5. ОСТ ВЗ-1646-72. Специальные гусеничные машины. Системы электроснабжения. Основные показатели. М., 1972.
6. ОСТ ВЗ-4055-78. Методы расчета основных показателей системы электроснабжения ВГМ. М., 1978.
7. В1318Е.05 РР08. Колесный бронетранспортер БТР-4Е. Расчет мощности генераторной установки.
8. Протокол №22 от 27.10.15г. Испытания энергоагрегата с двигателем SADKO DE-420E.
9. Акт №27 от 02.04.18г. по результатам типовых испытаний бронетранспортера БТР-4Е с основным двигателем фирмы DEUTZ и энергоагрегатом, оснащенным двигателем S186FA(E) производства Китай.
10. Акт №99 от 17.09.18г. по результатам типовых испытаний бронетранспортера БТР-4Е (спецификация В1318Есб-2-04) с установленным энергоагрегатом, оснащенным двигателем SADKO DE-440E.
11. SADKO. Інструкція з експлуатації і технічного обслуговування. SADKO, 2017, 27 с.
12. Холявский Г.Л. Энциклопедия бронетанкового вооружения и техники. Колесные и полугусеничные бронеавтомобили и бронетранспортеры. – Мн.: ООО «Харвест», 2004. 656 с.

Bibliography (transliterated)

1. Antonov A.S., Golyak V.K., Zapryagaev M.M., Krylov L.K., Magidovich E.I., Novokhatko I.S. Armejskie avtomobili. Konstruktsiya i raschet. Chast' pervaya. M.: Voenizdat, 1970. 540 s.
2. Bocharov N.F., Tsitovich I.S., Polungyan A.A. i dr. Konstruirovaniye i raschet kolesnykh mashin vysokoy prokhozimosti. M.:Machinostroenie, 1983. 299 p.
3. GOST 23162-78. Ehlektroagregaty i peredvizhnye ehlektrostantsii s dvigatelyami vnutrennego sgoraniya. M.; 1978.
4. Alekhin S.A., Krayushkin I.A., Popov G.K., Fal'kov V.I. Vspomogatel'naya silovaya ustanovka nazemnogo transportnogo sredstva//Aviatsionno-kosmicheskaya tekhnika i tehnologiya, №7, 2006, P. 102–104.
5. OST V3-1646-72. Spetsial'nye gusenichnye mashiny. Sistemy ehlektrosnabzheniya. Osnovnye pokazateli. M., 1972.
6. OST V3-4055-78. Metody rascheta psnovnykh pokazateley sistemy ehlektrosnabzheniya VGM. M., 1978.
7. V1318E.05 RR08. Kolesnyj bronetransporter BTR-4E. Raschet moshchnosti generatornoj ustanovki.
8. Protokol №22 ot 27.10.15g. Ispytaniya energoagregata s dvigatelem SADKO DE-420E.

9. Akt №27 ot 02.04.18g. po rezultatam tipovych isputaniy bronetransportera BTR-4E s osnovnym dvigatelem firmy DEUTZ i energoagregatom, osnaschennym dvigatelem S186FA(E) proizvodstva Kitay.

10. Akt №99 ot 17.09.18g. po rezultatam tipovych isputaniy bronetransportera BTR-4E (specifikaciya V1318Esb-2-04) s ustanovlennym energoagregatom, osnaschennym dvigatelem SADKO DE-440E.

11. SADKO. Instruktsiya z ekspluatatsii i tekhnichnogo obslugovuvannya. SADKO, 2017, 27 p.

12. Kholyavskiy G.L. Ehntsiklopediya bronetankovogo voorugeniya i tekhniki. Kolesnye i polugusenichnye broneavtomobili i bronetransportery. – Mn.: ООО «Kharvest», 2004. 656 p.

УДК 629.1.032.1

Фолунін С.О., заст. нач. відділу, Мормило Я.М., директор, Зарянов В.А., нач. відділу,
Золотуха В.М., нач. сектору, Бондарь О.І., нач. відділу

ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ДОПОМІЖНОЇ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ В СКЛАДІ БРОНЕТРАНСПОРТЕРА БТР-4Е

При експлуатації легко броньованої техніки (бронетранспортерів) досить тривалий період її експлуатації проходить в режимі роботи основного двигуна на холостому ході, при мінімально стійкій частоті обертання колінчастого валу, з метою забезпечення споживачів техніки, а саме засобів зв'язку, озброєння, освітлення, життєзабезпечення та інших споживачів, електричним струмом, джерелом якого є генератор основного двигуна або акумуляторні батареї.

Для безмовного забезпечення пуску основного двигуна, збереження його ресурсу та виключення розрядження акумуляторних батарей, особливо при низьких температурах навколишнього середовища, проведено роботи щодо оснащення бронетранспортера БТР-4Е допоміжною силовою установкою (енергоагрегатом).

З метою підтвердження теоретичних розрахунків та прийнятих конструктивних рішень проведено декілька етапів випробувань та досліджень функціонування енергоагрегату в складі бронетранспортеру БТР-4Е в літній (при температурі навколишнього середовища вище +5⁰С) та в зимовий (при температурі навколишнього середовища нижче +5⁰С) періоди його експлуатації.

На першому етапі випробувань підтверджена можливість отримання максимальної потужності генератора енергоагрегату та підтримування її величини для забезпечення роботи електрообладнання бронетранспортеру.

На другому етапі підтверджена можливість забезпечення живлення електричним струмом електрообладнання бронетранспортеру (системи керування вогнем, засобів зв'язку, освітлення та життєзабезпечення), а також забезпечення заряджання акумуляторних батарей бронетранспортеру на протязі шести часового режиму роботи енергоагрегату. В таблицях статті наведено результати випробувань.

На підставі отриманих результатів випробувань, а також з урахуванням подальшого вдосконалення допоміжної силової установки та розробки конкурентоспроможних зразків легко броньованої техніки було надано рекомендації, щодо напрямку майбутніх робіт з метою збільшення ефективної потужності і зниження масо габаритних показників енергоагрегатів.

Ключові слова: бронетранспортер, двигун, електричний струм, допоміжна силова установка, енергоагрегат, генератор, випробування.

Фолунин С.А., зам. нач. отдела, Мормило Я.М., директор, Зарянов В.А., нач. отдела, Золотуха В.Н., нач. сектора, Бондарь А.И., нач. отдела

О ПРИМЕНЕНИИ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ В СОСТАВЕ БРОНЕТРАНСПОРТЕРА БТР-4Е

При эксплуатации легко бронированной техники (бронетранспортеров) достаточно долгий период ее эксплуатации проходит в режиме работы основного двигателя на холостом ходу, при минимально устойчивой частоте вращения коленчатого вала, с целью обеспечения потребителей техники, а именно средств связи, вооружения, освещения, жизнеобеспечения и других потребителей, электрическим током, источником которого является генератор основного двигателя или аккумуляторные батареи.

Для безусловного обеспечения пуска основного двигателя, сохранения его ресурса и исключения разрядки аккумуляторных батарей, особенно при низких температурах окружающей среды, проведены работы по оснащению бронетранспортера БТР-4Е вспомогательной силовой установкой (энергоагрегатом).

С целью подтверждения теоретических расчетов и принятых конструктивных решений проведено несколько этапов испытаний и исследований функционирования энергоагрегата в составе бронетранспортера БТР-4Е в летний (при температуре окружающей среды выше $+5^{\circ}\text{C}$) и в зимний (при температуре окружающей среды ниже $+5^{\circ}\text{C}$) периоды его эксплуатации.

На первом этапе испытаний подтверждена возможность получения максимальной мощности генератора энергоагрегата и поддержание ее величины для обеспечения работы электрооборудования бронетранспортеру.

На втором этапе подтверждена возможность обеспечения питания электрическим током электрооборудования бронетранспортера (системы управления огнем, средств связи, освещения и жизнеобеспечения), а также обеспечения зарядки аккумуляторных батарей бронетранспортера на протяжении шести часового режима работы энергоагрегата. В таблицах статьи приведены результаты испытаний.

На основании полученных результатов испытаний, а также с учетом дальнейшего совершенствования вспомогательной силовой установки и разработки конкурентоспособных образцов легко бронированной техники были приведены рекомендации, про направление будущих работ с целью увеличения эффективной мощности и снижения массогабаритных показателей энергоагрегатив.

Ключевые слова: бронетранспортер, двигатель, электрический ток, вспомогательная силовая установка, энергоагрегат, генератор, испытания.

Folunin S.A., Mormilo J.M., Zaryanov V.A., Zolotucha V.N., Bondar A.I.

**ON THE USE OF THE AUXILIARY POWER UNIT
AS PART OF THE BTR-4E ARMORED PERSONNEL CARRIER**

During operation of light armored vehicles (armored personnel carriers) the main engine runs at idle speed for a considerable amount of time at minimum stable crankshaft speed in order to provide the vehicle consumers (such as means of communication, weapon systems, illumination, life support systems and other consumers) with electric current, the source of which is the main engine generator or storage batteries.

In order to ensure start-up of the main engine, preserve its life cycle and avoid discharge of storage batteries, especially at low ambient temperature, the work was carried out to equip the BTR-4E armored personnel carrier with an auxiliary power unit (power plant).

In order to confirm theoretical analysis and design solutions, several stages of testing and research of the BTR-4E APC operation were conducted in summer (at ambient temperature above $+5^{\circ}\text{C}$) and winter (at ambient temperature below $+5^{\circ}\text{C}$) periods of its operation.

At the first stage of testing it was confirmed that it is possible to get the maximum generator power of the power unit and maintain its value to ensure the operation of electrical equipment of the armored personnel carrier.

The second stage confirmed the possibility of providing electric current supply to electrical equipment of the armored personnel carrier (fire control system, means of communication, illumination and life support systems), as well as ensuring charging of the APC's batteries during the six-hour operation of the power unit. The tables of the article show the test results.

On the basis of the obtained test results, as well as taking into account further improvement of the auxiliary power unit and development of competitive samples of light armored vehicles, recommendations were given regarding the direction of future work to increase the effective power and reduce the weight and size parameters of the power units.

Key words: armored personnel carrier, engine, electric current, auxiliary power unit, power plant, generator, tests.